



Folgenabschätzungen

Michael F. Jischa

Kurzfassung: Die Menschheitsgeschichte ist untrennbar mit der Nutzung von Materie, Energie und Information verbunden. Im Laufe der Geschichte sind Produktivität, Bevölkerung und Ressourcenverbrauch ständig angestiegen, seit dem vergangenen Jahrhundert mit zunehmender Beschleunigung. In den früh industrialisierten Ländern entwickelte sich vor wenigen Jahrzehnten eine Bewusstseinswende, die Segnungen der Technik wurden zunehmend kritisch beurteilt. Das führte zur Formulierung des Leitbildes Nachhaltigkeit und der Frage, wie dieses in politisches und wirtschaftliches Handeln umgesetzt werden kann. Das in den 1960er Jahren vorgeschlagene Konzept Technikfolgenabschätzung hat sich dabei als machtvoll Instrument erwiesen. Generelle Folgenabschätzungen sind notwendig, um auf die Weltprobleme reagieren zu können. Der Satz von Immanuel Kant „Unser Entscheiden reicht weiter als unser Erkennen“ hat angesichts der ständigen Beschleunigung aller Prozesse eine neue Aktualität bekommen. Die Geowissenschaften sind als ganzheitlich angelegte Disziplin, deren Gegenstand das System Erde mit seiner gewaltigen Bandbreite in Raum- und Zeitskalen ist, in besonderer Weise aufgefordert, sich dem Thema Folgenabschätzungen anzunähern.

1 Vorbemerkungen

Zu Beginn möchte ich aus dem Klassiker einer verwandten Disziplin, dem Berg- und Hüttenwesen, ein frühes Plädoyer für Folgenabschätzungen wiedergeben. Auch wenn Georg Agricola diesen Begriff nicht verwendet, so ist sein erstes von zwölf Büchern in seinem epochalen Werk „De re metallica“ von 1556 dieser Frage gewidmet. In der deutschen Übersetzung „Vom Bergwerk“, das ein Jahr nach der lateinischen Version erschien, heißt es (AGRICOLA 1994): „Viele sind der Meinung, der Bergbau sei etwas Zufälliges und eine schmutzige Tätigkeit und überhaupt ein Geschäft, das nicht sowohl Kunst und Wissenschaft als körperliche Arbeit verlange. Allein wie mir scheint, so verhält sich die Sache ganz anders. Denn der Bergmann muss in seiner Kunst die größte Erfahrung besitzen, Um endlich diese Erörterung abzuschließen: die Gewinne des Wucherers, des Kriegsmannes, des Kaufmannes, des Landmannes und des Bergmannes sind alle sehr groß; allein der Wucherer ist verhasst, die Kriegsbeute ist in grausamer Weise aus dem Vermögen des Volkes geraubt, ohne Schuld der Heimgesuchten, wider Gottes Ordnung; doch der Erwerb des Bergmannes übertrifft an Ehrbarkeit und Anständigkeit den Gewinn des Kaufmannes weit und ist nicht weniger gut als der des Landmannes, nur viel reicher.“

2 Zivilisationsdynamik

Die Geschichte der Menschheit ist ein evolutionärer Prozess. Nur der Mensch ist in der Lage, seine eigene Evolution durch Innovationen zu beschleunigen. Die Menschheitsgeschichte ist die Geschichte des sich durch Technik ständig beschleunigenden Einflusses auf immer größere Räume und immer fernere Zeiten. Waren die Kräfte der Veränderung größer als die Kräfte der Beharrung, dann traten Strukturbrüche ein. Die Zivilisationsdynamik ist durch drei „Revolutionen“ gekennzeichnet. Die neolithische Revolution begann vor etwa 10.000 Jahren in verschiedenen Regionen der Welt. In Europa begann vor rund 400 Jahren die wissenschaftliche Revolution, die vor gut 200 Jahren in die industrielle Revolution überging. Vor wenigen Jahrzehnten startete die digitale Revolution, deren Folgen für die Arbeits- und Lebenswelt sich erst in Umrissen abzeichnen.

Abb. 1 zeigt die Entwicklung in einer qualitativen Darstellung. Auf der horizontalen Achse sind die zentralen Ressourcen der bisherigen Gesellschaftstypen aufgetragen.

Wir können sie als Zeitachse deuten, denn die Übergänge erfolgten in zeitlicher Abfolge. Auf der vertikalen Achse ist die Produktivität aufgetragen, dargestellt in heutiger Terminologie als Bruttoinlandsprodukt (BIP) pro Kopf und Jahr. Es

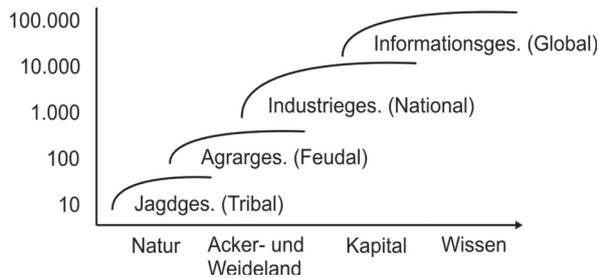


Abb. 1: Technischer Wandel als Motor für gesellschaftliche Veränderungen (JISCHA, 2005)

gibt quantitative Auftragungen mit einem ähnlichen Verlauf. Wenn die Entwicklung der Weltbevölkerung in doppelt logarithmischer Auftragung dargestellt wird, und dabei die Zeitachse rückwärts gezählt wird, so erreicht man eine Dehnung der jüngeren Vergangenheit und einer Stauchung der Urzeit. Die Entwicklung der Weltbevölkerung über der Zeitachse zeigt dann einen ähnlichen Verlauf wie Abb. 1. Den Sättigungsprozessen bei der Produktivität entspricht ein Abflachen der Bevölkerungsentwicklung. Mit dem Einsetzen der drei geschilderten Revolutionen sind Produktivität, Bevölkerung sowie Verbrauch an Ressourcen jeweils signifikant angestiegen. Das ist ein typischer autokatalytischer Prozess. Derartige positive Rückkopplungen haben zu den Weltproblemen geführt (Kap.8).

Die Verläufe in Abb. 1 sind eng verknüpft mit vier informationstechnischen Revolutionen, auch Gutenberg-Revolutionen genannt. Am Beginn der Menschwerdung stand die Innovation der Sprache vor einigen 100.000 Jahren. Die erste Gutenberg-Revolution war die Voraussetzung dafür, dass unsere Vorfahren sich in Stämmen organisieren konnten. Die Gesellschaft der Jäger und Sammler entstand, ihre entscheidende Ressource war die Natur. Die Produktivität war gering, der Anstieg der Weltbevölkerung ebenso. Vor etwa 10.000 Jahren setzte eine erste durch Technik induzierte strukturelle Veränderung der Gesellschaft ein, die neolithische Revolution. Sie kennzeichnet den Übergang von der Welt der Jäger und Sammler zu den Ackerbauern und Viehzüchtern. Pflanzen wurden angebaut und Tiere domestiziert, die Menschen begannen sesshaft zu werden. Die Agrargesellschaft entstand. Die Unterwerfung der Natur durch Be- und Entwässerungsanlagen sowie durch Dammbau war die erste große technische und soziale Leistung der Menschheit. Ein derartiges organisatorisches Problem konnte nicht von überschaubaren Stämmen gelöst werden, es bildeten sich feudale Strukturen aus. Mündliche Anweisungen wurden ineffizient und mussten durch neue Medien wie Schrift, Zahlen und Maße ersetzt werden. Das war die zweite Gutenberg-Revolution. Acker- und Weideland waren die entscheidenden Ressourcen in der Agrargesellschaft.

Vor gut 500 Jahren begann jenes große europäische Projekt, das mit den Begriffen Aufklärung und Säkularisierung beschrieben wird. Das „Wunder Europa“ (JONES 1991) führte zur Verwandlung und Beherrschung der Welt durch Wissenschaft und Technik. Die wissenschaftliche Revolution wäre ohne den Buchdruck, der dritten Gutenberg-Revolution, nicht denkbar gewesen. In der sich anschließenden industriellen Revolution wurde das Kapital zur entscheidenden Ressource. Der Buchdruck induzierte ungeahnte Veränderungen in der Gesellschaft. Vermutlich wäre es ohne den Buchdruck nicht zur Reformation gekommen, Luthers Flugschriften waren die ersten Massendrucke in der Geschichte. Unsere Generation ist Zeuge der vierten Gutenberg-Revolution, der digitalen Revolution. Die Industriegesellschaft war mit der Bildung von Nationalstaaten verknüpft, die Informationsgesellschaft erzwingt faktisch globale Strukturen. Wissen ist zur entscheidenden Ressource geworden.

Die Darstellung in Abb. 1 ist für die weiteren Ausführungen von zentraler Bedeutung. Im Laufe der Menschheitsgeschichte sind Produktivität und Weltbevölkerung in einem positiv rückgekoppelten Prozess ständig gewachsen, wobei die durch technische Innovationen induzierten Revolutionen die entscheidenden Treiber gewesen sind. Die gesellschaftlichen Strukturen haben sich den jeweils neuen Erfordernissen angepasst, die dabei dominierenden Ressourcen für die weitere Entwicklung haben sich verändert. In welcher Weise die heute zentrale Ressource Wissen der Gesellschaft weiter verändern wird ist Gegenstand vieler Diskussionen. Es gibt eine Reihe von Vorschlägen, mit denen die postindustrielle Gesellschaft charakterisiert wird: Informationsgesellschaft, Dienstleistungsgesellschaft, Wissensgesellschaft, Wissenschaftsgesellschaft oder Wissenstechnologiegesellschaft. Die Geschichte wird zeigen, welcher Begriff sich hierfür einbürgern wird. Der Metabegriff Globalisierung ist untrennbar mit der Digitalisierung der Informationstechnologien verbunden. Das gilt nicht nur wirtschaftliche Prozesse, sondern gleichfalls für alle gesellschaftlichen und politischen Prozesse.

3 Gegenwärtsschrumpfung

Ein Aspekt aus der Abb. 1 soll gesondert behandelt werden, für den der Philosoph Hermann Lübbe den Begriff Gegenwartsschrumpfung geprägt hat (LÜBBE, 1994). Unsere Vorfahren haben einige 100.000 Jahre in der Welt der Jäger und Sammler gelebt, einige 1000 Jahre in der Agrargesellschaft und rund 200 Jahre in der Industriegesellschaft. Die Digitalisierung der Informationstechnologien hat erst vor wenigen Jahrzehnten begonnen und

es wird deutlich, dass technische Innovationen in immer kürzeren Zyklen neue Produkte generieren. Wenn wir die Gegenwart als die Zeitdauer konstanter Lebens- und Arbeitsverhältnisse verstehen, dann nimmt der Aufenthalt in der Gegenwart ständig ab. Wegen der ständig beschleunigten Dynamik des technischen Wandels rückt die unbekannte Zukunft immer näher an die Gegenwart heran. Die laufend rascheren Veränderungen überfordern unsere auf statischem Denken beruhenden Rezepte. Dadurch werden Ängste und Unsicherheiten geschürt. Gleichzeitig wächst in der Gesellschaft die Sehnsucht nach dem Dauerhaften, dem Beständigen. Der Handel mit Antiquitäten, mit Oldtimern und Repliken blüht, weil diese das Dauerhafte symbolisieren.

Zugleich gilt eine für Entscheidungsträger ernüchternde Erkenntnis. Diese bezeichne ich als „Popper-Theorem“, auch wenn sich meine verkürzte Formulierung aus den Darstellungen von Karl Popper nur indirekt herauslesen lässt (POP-PER, 1987): Wir können immer mehr wissen und wir wissen auch immer mehr. Aber eines werden wir niemals wissen können, nämlich was wir morgen wissen werden, denn sonst wüssten wir es bereits heute. Das bedeutet, dass wir zugleich immer klüger und immer blinder werden. Mit fortschreitender Entwicklung der modernen Gesellschaft nimmt die Prognostizierbarkeit ihrer Entwicklung ständig ab. Niemals zuvor in der Geschichte gab es eine Zeit, in der die Gesellschaft so wenig über ihre nahe Zukunft gewusst hat wie heute. Gleichzeitig wächst die Zahl der Innovationen ständig, die unsere Lebenssituation strukturell und meist irreversibel verändert. Es war stets so, dass sich die Arbeitswelt durch technische Innovationen verändert hat. Doch einerseits hat das Tempo der Veränderungen zugenommen, und andererseits haben diese Veränderungen gleichfalls die Lebenswelt erfasst. Das hat weit reichende Folgen für die Gesellschaft. Lehre und Forschung müssen sich in allen anwendungsorientierten Disziplinen wie den Geo- und den Ingenieurwissenschaften diesen Herausforderungen stellen. Darauf werde ich in Kap. 12 eingehen.

4 Kernkompetenzen der Ingenieure

Im ersten Abschnitt sind die revolutionären Veränderungen in der Zivilisationsdynamik durch die vier Gutenberg-Revolutionen geschildert worden. Stets war die Technik der Treiber für gesellschaftliche Veränderungen. Technische Innovationen waren in der Gesellschaft der Jäger und Sammler eher zufällig, erst von der Agrargesellschaft an zielgerichtet und systematisch. Planungen und Bau von Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen

waren die ersten großen technischen und sozialen Leistungen früher Kulturen. Der Bau von Siedlungen, Städten, Wegen, Straßen und Wasserstraßen war die Folge. Derartige Vorhaben konnten nicht mehr von Stammesgesellschaften durchgeführt werden, die Ausbildung der Feudalgesellschaft mit hierarchischen Strukturen und einer Ausdifferenzierung von Berufen war die logische Folge.

Die Abb. 2 beschreibt, was Techniker eigentlich tun. Sie befassen sich mit den „Medien“ Energie, Materie und Information. Darauf wenden sie die „Prozesse“ Wandlung, Transport und Speicherung an. Eine derartige Darstellung ist mehrfach verwendet worden. Ich habe eine dritte Dimension zugefügt, denn es werden unterschiedliche „Werkzeuge“ verwendet. Das Werkzeug Modellierung/Simulation hat vor wenigen Jahrzehnten eine ungeahnte Dynamik entfaltet. Die außerordentlich rasche Entwicklung von Hardware und Software hat Möglichkeiten geschaffen, die noch vor wenigen Jahren undenkbar schienen. Ähnliches gilt für das Werkzeug Analytik/Sensorik, womit physikalische, chemische und biologische Analytik gemeint sind. Erst das Zusammenspiel von Modellierung/Simulation mit Analytik/Sensorik hat neue Möglichkeiten der online-Prozesssteuerung eröffnet. Schließlich gewinnt das Werkzeug System-Management ständig an Bedeutung. Das Management von Stoff- und Energieströmen, zum Schutz der Umwelt und zur Schonung der Ressourcen, ist zu einem zentralen Thema für die Geowissenschaften geworden.

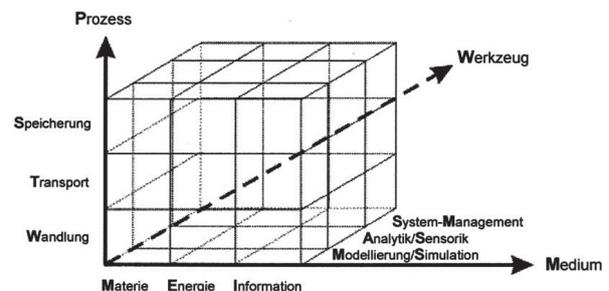


Abb. 2: Charakterisierung technischer Handlungen (JISCHA, 2010b)

5 Menschheitsgeschichte als Energiegeschichte

Anknüpfend an Abb. 2 ist die Geschichte der Menschheit in Abb. 3 als Energiegeschichte dargestellt. Damit wird ein Bezug zu den Geowissenschaften hergestellt, was sich in ähnlicher Weise auch durch eine Geschichte der Materialien darstellen ließe. Verschiedene Energieträger und Energieformen sowie Fortschritte in Wandlung, Transport und Speicherung von Energie kennzeichnen die Entwicklung bis zum heutigen Tag. In

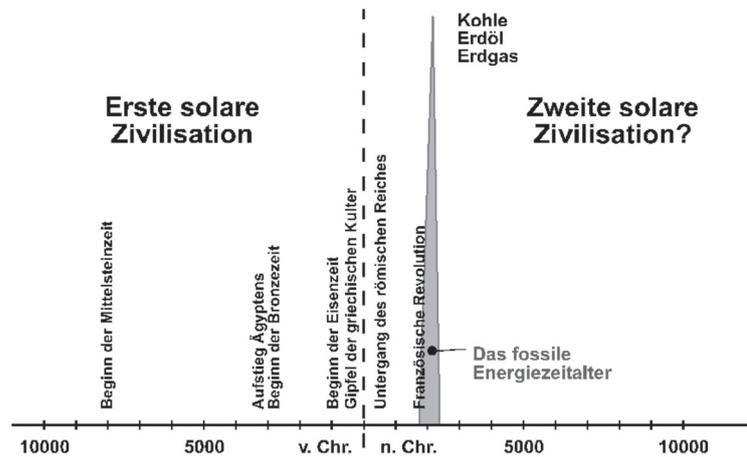


Abb. 3: *Energiegeschichte der Menschheit* (JISCHA, 2004, 2005)

der Welt der Jäger und Sammler waren das Feuer und die menschliche Arbeitsleistung die einzigen Energiequellen. In der Agrargesellschaft kam zunächst die Arbeitsleistung der Tiere hinzu, im Mittelalter folgten Wassermühlen und Windmühlen. Das war die energetische Situation bis zur französischen Revolution. Die Truppen Napoleons waren energetisch auf der gleichen Stufe wie jene von Alexander dem Großen, Hannibal und Cäsar. Ihre Geschwindigkeit war die Geschwindigkeit von Mensch und Tier. Die industrielle Revolution leitete Ende des 18. Jahrhunderts den Eintritt in das fossile Energiezeitalter ein. Beginnend mit der Nutzung der Steinkohle zur Verhüttung von Erzen traten Erdöl Ende des 19. und Erdgas Mitte des 20. Jahrhunderts als Primärenergieträger hinzu, Erdgas etwa zeitgleich mit der Nutzung der Kernenergie. Ohne an dieser Stelle auf die Definitionen von Ressourcen, wahrscheinlichen und sicheren Reserven einerseits sowie auf statische und dynamische Reichweiten andererseits einzugehen, sei kurz gesagt: Kohle, Erdöl und Erdgas stehen uns nur noch für einen Zeitraum zur Verfügung, der etwa der bisherigen Nutzungsdauer entspricht. Es ist daher berechtigt, das gut 200 Jahre währende fossile Zeitalter als „Wimperschlag“ in der Geschichte der Menschheit zu bezeichnen.

Unser heutiges Energiesystem ist weder aus Versorgungsgründen noch aus Entsorgungsgründen zukunftsfähig. Es basiert global und national zu über 80 % auf den fossilen Primärenergieträgern, die ebenso wie Uran aus der Erde gewonnen werden. Über entsprechende Aufbereitungs- und Um-

wandlungsprozesse wird daraus Sekundärenergie für verschiedene Anwendungen. Anschließend werden die Rest- und Schadstoffe nach geeigneter Weiterbehandlung wieder in die Umwelt abgegeben (Abb. 4). Trotz beachtlicher Erfolge in Techniken des Umweltschutzes bleibt es ein offenes System, das keine Zukunft haben kann.

Nach der Schilderung der Vergangenheit möchte ich Energieszenarien vorstellen, die in jüngerer Zeit zu einer erstaunlichen Konvergenz geführt haben. Dabei geht es im Kern um die Frage, ob wir in eine zweite intelligente solare Zivilisation einsteigen werden, oder ob die Kernenergie zumindest zeitweise noch eine gewisse Rolle spielen wird. Das ist mit dem Fragezeichen in Abb. 3 gemeint. Die Enquete-Kommission „Zukünftige Kernenergiepolitik“ des 8. Deutschen Bundestages hat bereits 1980 die Energiepolitik Verzweigungssituation durch die beiden Referenzfälle K-Pfad (Kernenergie) und S-Pfad (Solarenergie und Sparen) dargestellt. Dabei bedeutet der K-Pfad zentrale großtechnische Anlagen, der S-Pfad ermöglicht zentrale und dezentrale Lösungen. Die Kommission hat ihre Analyse auf die Kriterien Wirtschaftlichkeit, internationale Verträglichkeit sowie Umwelt- und Sozialverträglichkeit gestützt. Dabei sind die beiden letzten Kriterien erstmalig in einer entsprechenden Studie berücksichtigt wurden. Die Studie kommt zu dem Ergebnis, dass beide Pfade technisch und ökonomisch machbar sind, und dass sie sich in den Gesamtkosten nicht wesentlich voneinander unterscheiden.

Gut 20 Jahre später hat der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umwelt-

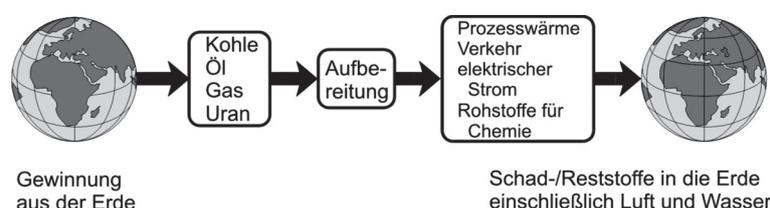


Abb. 4: *Heutige Energieversorgung* (JISCHA, 2004, 2005)

veränderungen“ (WBGU) seinen Bericht „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“ vorgelegt (WBGU, 2003). Danach wird der Primärenergieverbrauch von 2000 bis 2100 um den Faktor vier zunehmen. Das ist viel, aber im Vergleich zum vergangenen Jahrhundert wenig. Denn von 1900 bis 2000 haben der Primärenergieverbrauch weltweit um das 12-fache und die Weltbevölkerung um das 3,5-fache zugenommen. Der geringere Anstieg des weltweiten Primärenergieverbrauchs in diesem Jahrhundert ist weitgehend der Tatsache geschuldet, dass die Zunahme der Weltbevölkerung abflachen wird. Die wesentliche Aussage des WBGU betrifft den Energiemix. Es wird ein Auslaufen der Nutzung nuklearer Energieträger prognostiziert bei gleichzeitig starker Minderung der Nutzung fossiler Energieträger. Im Gegenzug wird es einen erheblichen Ausbau erneuerbarer Energieträger geben, insbesondere der Solarenergie, i. w. (grundlastfähige) solarthermische Kraftwerke.

Im Jahr 2009 hat die Energiediskussion durch eine von der Industrie angestoßene Initiative einen neuen Schub erfahren. Im Juli 2009 haben auf Einladung der Münchener Rück sowie des Club of Rome Vertreter von 12 Konzernen (darunter ABB, RWE, EON, Siemens, Deutsche Bank sowie eine spanische und eine algerische Firma) die „Desertec Industrial Initiative DII“ gegründet. Das Konzept stammt von dem Physiker Gerhard Knies, einem Mitglied der Deutschen Gesellschaft of Rome. „Wüstenstrom aus der Sahara für Europa“, so lautete eine von vielen Überschriften in überregionalen Zeitungen. Das ist ein wenig verkürzt, denn es wird sich um ein Verbundnetz von Island bis in die Subsahara handeln. In einem Mix regenerativer Energien, bestehend aus Windkraft, Wasserkraft, Biomasse, Geothermie und Fotovoltaik wird die Solarthermie zweifellos die tragende Rolle spielen. Der Reiz des Projektes liegt nicht nur darin, Strom aus der Sahara mit Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) nach Europa zu schicken. Zugleich soll ein Teil des in solarthermischen Kraftwerken erzeugten Stroms in der nordafrikanischen Region für die Entsalzung von Meerwasser verwendet werden. Die friedensfördernde Wirkung liegt auf der Hand. Ebenfalls 2009 ist auf Initiative von Daimler und Linde eine „H₂ Mobility“ Initiative zum Aufbau einer Wasserstoffinfrastruktur in Deutschland ins Leben gerufen worden.

Das Jahr 2010 war von zwei bemerkenswerten Studien gekennzeichnet. Es begann im Mai 2010 mit einer Stellungnahme des Sachverständigenrats für Umweltfragen (SRU) mit dem Titel „Klimaverträglich, sicher, bezahlbar: 100 % erneuerbare Stromversorgung bis 2050“. Die zentrale Aussage lautet, dass die Stromversorgung in Deutschland allein aus regenerativen (inländischen) Energien gespeist werden kann, sofern die Weichen für eine klare politische Zielsetzung (u. a. für den

Ausbau von Speichern und Netzen) gestellt werden. Die Tatsache, dass die Erneuerung des Kraftwerksparks in Deutschland ansteht, bietet laut SRU günstige Voraussetzungen für die Umstellung der Stromversorgung auf erneuerbare Energien. Die Stromgestehungskosten werden nach der Studie wahrscheinlich niedriger sein als bei einem Mix aus regenerativen und CO₂-armen konventionellen Energiequellen. Im August 2010 ist das Gutachten „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“, erstellt von Prognos, EWI und GWS, vorgestellt worden. Darin werden neben einem Referenzszenario („Trendfortschreibung“) acht Zielszenarien („mögliche energiewirtschaftliche Zukünfte“) beschrieben, letztere mit unterschiedlichen Restlaufzeiten für die Kernkraftwerke. Die wesentliche Aussage des Gutachtens lautet lapidar: Der Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien ist bis zum Jahr 2050 möglich und gangbar. So viel Übereinstimmung gab es bisher nie! Die Reaktorkatastrophe von Fukushima im März 2011 hat der Energiewende zur Nachhaltigkeit einen weiteren Schub verliehen.

6 Die Bewusstseinswende der 1960er Jahre

Seit wann und warum denken wir über die Gefährdung der Zukunftsfähigkeit nach? Bis vor wenigen Jahrzehnten war der Fortschrittsglaube überall in der Welt ungebrochen. Insbesondere die Aufbauphase in unserem Land nach dem Zweiten Weltkrieg wurde davon getragen. Die Erde schien über nahezu unerschöpfliche Ressourcen zu verfügen. Die Aufnahmekapazität von Wasser, Luft und Boden für Schadstoffe und Abfälle schien unbegrenzt zu sein. Die Segnungen von Wissenschaft und Technik verhießen geradezu paradiesische Zustände. Alles schien machbar zu sein und man glaubte, dass Wohlstand für alle – und damit auch für die Entwicklungsländer – nur eine Frage der Zeit sei. Etliche Schwellen- und Entwicklungsländer huldigen weiter dem Fortschrittsglauben, während dieser in der früh industrialisierten Welt zunehmend ins Wanken geriet. Ironischer Weise bedurfte es erst des Wohlstands, damit die im Wohlstand lebenden Gesellschaften die Technik und deren Segnungen zunehmend skeptisch beurteilten. 1969 landeten zwei US-Astronauten als erste Menschen auf dem Mond. Dies markierte einerseits einen Höhepunkt der Technikeuphorie. Andererseits wurde über die Fernsehschirme die Botschaft zu uns getragen, dass unser Raumschiff Erde endlich ist und dass wir alle in einem Boot sitzen.

In den Wohlstandsgesellschaften der westlichen Welt wurde in den 1960er Jahren eine Bewusstseinswende sichtbar. Mit dem Kürzel „1968er Bewegung“ bezeichnen wir in unserem Land eine

Reihe von ineinander greifenden gesellschaftlichen Prozessen. Dazu gehörten Friedensbewegungen, Frauenbewegungen, massive Proteste gegen die Kernenergie, gegen die Ordinarienuniversität und nicht zuletzt gegen die Umweltzerstörungen. Aus den ökologischen Bewegungen ist mit den „Grünen“ eine offenkundig stabile politische Kraft hervorgegangen. Die Bewusstseinswende manifestierte sich in unterschiedlicher Weise. Zum einen wurde 1968 der Club of Rome gegründet. Die Initiative hierzu ging von dem Fiat-Manager Aurelio Peccei und dem OECD-Wissenschaftsmanager Alexander King aus. Sie setzten sich zum Ziel, gleich gesinnte Persönlichkeiten aus Wirtschaft und Politik zu gewinnen, um gemeinsam über die für die Zukunft der Menschheit entscheidenden Herausforderungen und Lösungsansätze zu diskutieren. Hierfür prägten sie die Begriffe „World Problematiques“ und „World Resolutiques“. Ihre erste Analyse war erstaunlich weitsichtig, sie betraf drei Punkte: Die Bedeutung eines ganzheitlichen Ansatzes zum Verständnis der miteinander vernetzten Weltprobleme, die Notwendigkeit von langfristig angelegten Problemanalysen und die Aufforderung „global denken und lokal handeln“. Der Club of Rome stellte 1972 seine erste Studie „Die Grenzen des Wachstums“ (MEADOWS et al 1973, Orig. 1972) vor. Die Mittel hierfür hatte die Volkswagen-Stiftung zur Verfügung gestellt. Das war Eduard Pestel, Professor für Mechanik an der Universität Hannover und Minister für Wissenschaft und Kunst in Niedersachsen, zu verdanken. Er schloss sich kurz nach der Gründung dem Club of Rome an und initiierte sowie bearbeitete weitere Berichte.

Bereits 1962 hatte die amerikanische Biologin Rachel Carson mit ihrem zum Kultbuch der Ökologiebewegung avancierten Band „Der stumme Frühling“ (CARSON 1962) ein aufrüttelndes Signal gesetzt. Knapp zehn Jahre nach den „Grenzen des Wachstums“ wurde der von James Carter, dem damaligen Präsidenten der USA, initiierte Bericht „Global 2000“ (1980) vorgestellt. Im Jahr 1987 erschien der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung mit dem Titel „Our Common Future“ und zeitgleich die deutsche Version „Unsere gemeinsame Zukunft“ (HAUFF, 1987). Dieser Bericht hat entscheidend dazu beigetragen, das Leitbild Sustainable Development (kurz Sustainability = Nachhaltigkeit) bekannt zu machen. Die Diskussion erreichte einen vorläufigen Höhepunkt mit der „Agenda 21“ dem Abschlussdokument der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung 1992 (BMU 1992). Schließlich wurde Mitte der 1960er Jahre in den USA der Begriff Technology Assessment (TA) geprägt. Die TA-Diskussion führte bei uns, ebenso wie in vergleichbaren Ländern, zu wachsenden TA-Aktivitäten und der Einrichtung von entsprechenden Institutionen, die mit den Begriffen Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung ver-

bunden sind (Kap. 10).

Offenbar befinden wir uns „Am Ende des Baconischen Zeitalters“ (BÖHME, 1993), wenn wir die neuzeitliche Wissenschaft als die Epoche Bacons bezeichnen. Denn in unserem Verhältnis zur Wissenschaft ist eine Selbstverständlichkeit abhanden gekommen. Nämlich die Grundüberzeugung, dass wissenschaftlicher und technischer Fortschritt zugleich und automatisch humaner und sozialer Fortschritt bedeuten. Die wissenschaftlich-technischen Errungenschaften bewirken neben dem angestrebten Nutzen immer auch Schäden, die als Folge- und Nebenwirkungen die ursprünglichen Absichten konterkarieren.

7 Das Leitbild Nachhaltigkeit

Der Begriff Nachhaltigkeit ist keine Erfindung unserer Tage. Konzeptionell wurde er Anfang des 18. Jahrhunderts in Deutschland unter der Bezeichnung des nachhaltigen Wirtschaftens eingeführt, als starkes Bevölkerungswachstum und zunehmende Nutzung des Rohstoffes Holz (als Energieträger und als Baumaterial) eine einschreitende Waldpolitik erforderlich machten. Alle Definitionen von Nachhaltigkeit beziehen sich auf den Brundtland-Bericht (HAUFF, 1987). Danach ist eine Entwicklung nur dann nachhaltig, wenn sie „die Bedürfnisse der gegenwärtigen Generation befriedigt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“. Was darunter einvernehmlich verstanden wird, kann einem frühen Positionspapier des Verbandes der Chemischen Industrie entnommen werden (VCI, 1994): „Die zukünftige Entwicklung muss so gestaltet werden, dass *ökonomische*, *ökologische* und *gesellschaftliche* Zielsetzungen gleichrangig angestrebt werden. *Sustainability* im *ökonomischen* Sinne bedeutet eine effiziente Allokation der knappen Güter und Ressourcen. *Sustainability* im *ökologischen* Sinne bedeutet, die Grenze der Belastbarkeit der Ökosphäre nicht zu überschreiten und die natürlichen Lebensgrundlagen zu erhalten. *Sustainability* im *gesellschaftlichen* Sinne bedeutet ein Höchstmaß an Chancengleichheit, Freiheit, sozialer Gerechtigkeit und Sicherheit.“

Die Überzeugungskraft des Leitbildes Nachhaltigkeit ist offensichtlich groß. Mindestens so groß ist dessen Unverbindlichkeit, da jede Interessengruppe jeweils „ihrer Säule“ (Wirtschaft, Umwelt oder Gesellschaft) eine besondere Priorität zuerkennt. Zielkonflikte sind vorprogrammiert, politische und gesellschaftliche Auseinandersetzungen belegen dies. Als Fazit sei festgehalten: Das Leitbild Nachhaltigkeit ist allseits akzeptiert, aber diffus formuliert. Die fällige Umsetzung leidet sowohl an ständigen Zielkonflikten als auch an fehlender Operationalisierbarkeit. Entscheidend ist die Frage, wie

Nachhaltigkeit in wirtschaftliches und politisches Handeln umgesetzt werden kann.

Das unscharfe Leitbild Nachhaltigkeit wird greifbar erst aus gesellschaftlichen und politischen Auseinandersetzungen bezüglich der Zielprioritäten. Also müssen gerade bei diffus formulierten Zielvorgaben folgende Probleme transparent und nachvollziehbar behandelt werden (JISCHA, 1999a): Es sind unterschiedliche Szenarien (was wäre wenn?) zu vergleichen; das erfordert quantifizierbare Aussagen; dazu müssen relevante Indikatoren entwickelt werden; Quantifizierung verlangt Messbarkeit und Vergleichbarkeit verlangt Bewertung; zur Bewertung werden schließlich Kriterien benötigt, diese sind zeitlich und räumlich veränderlich. Denn „das Sein bestimmt das Bewusstsein“, wie Karl Marx es so treffend formuliert hat. Oder um Bert Brecht zu zitieren: „Erst kommt das Fressen und dann die Moral“. Die indische Ministerpräsidentin Indira Gandhi hatte seinerzeit auf einer Weltenergiekonferenz auf die Frage, wie sie Indien zu elektrifizieren gedenke, geantwortet, mit Kernenergie. Auf die Nachfrage, ob ihr denn die Restrisiken der Kernenergie nicht bewusst seien, gab sie eine für mich klassische Antwort: „Verhungernde fragen nach keinem Restrisiko“. Unabhängig von den jeweiligen Zielvorgaben geht es stets um die gleiche Frage: Welche Technologien sind in der Lage, eine Entwicklung der Menschheit in Richtung Nachhaltigkeit zu ermöglichen? Und welche Technologien sind in der Lage, die durch Technik geschaffenen Probleme (die nichtintendierten Folgen von technischen Entwicklungen) zu mildern, zu korrigieren oder gar zu beseitigen? Bevor ich zu der Frage komme, wie Technik bewertet werden kann, möchte ich globale Problemfelder der „Herausforderung Zukunft“ (JISCHA, 1993, 2005) kurz skizzieren und das Thema Nachhaltigkeit noch etwas vertiefen.

8 Globale Problemfelder als „Herausforderung Zukunft“

Eine an dem Leitbild Nachhaltigkeit orientierte Einteilung der Weltprobleme betrifft die ökologische, die soziokulturelle und die ökonomische Säule des Leitbildes (JISCHA 2005). Das erste globale Problem betrifft die „Umwelt“, sie ist in weiten Teilen ein öffentliches Gut. Dazu gehören die Ozeane mit ihrem Fischbestand und das Wasser im Allgemeinen, die Luft, die Wälder und die Böden. Bei öffentlichen Gütern gilt „The Tragedy of the Commons“ (HARDIN, 1968). Die Allmende, die Gemeingüter (engl. commons), müssten geschont werden, um sie für zukünftige Generationen zu erhalten. Die Tragödie der Allmende liegt darin, dass einzelne Nutzer als Trittbrettfahrer Vorteile erzielen, aber die Nachteile von der Gemeinschaft getragen werden. Dazu gehören der Ausstoß von Kohlendioxid

als Auslöser für den anthropogenen Treibhauseffekt und damit die Erwärmung der Atmosphäre und das Ansteigen des Meeresspiegels, die Verschmutzung der Umwelt, die Überfischung der Weltmeere, das Abholzen der Wälder und die Brandrodung, die zunehmende Wasserknappheit sowie das Artensterben und damit der Verlust an Biodiversität.

Das zweite globale Problem betrifft die „Weltgesellschaft“ die Frage nach der „Solidarität“ Fremden und Fernen gegenüber. Der von Kant geprägte Begriff Weltbürgergesellschaft ist im Zeitalter der Globalisierung Realität geworden ist. Zu dem Problemfeld „Solidarität“ gehören der Kampf gegen die Armut, gegen mangelnde Bildung, gegen Infektionskrankheiten, gegen Terrorismus als wesentlichen Beitrag zur Friedenssicherung, gegen die ökonomische und die digitale Spaltung der Welt sowie die Probleme der inter- und intragenerationellen Gerechtigkeit. Das dritte globale Problem betrifft die „Weltwirtschaft, die Frage nach den „Regeln“ für wirtschaftliches Handeln. Dazu gehören Rahmenbedingungen und Rechtssetzung ebenso wie Infrastrukturen und informelle Strukturen. Regeln betreffen das Welthandelsrecht, internationale Finanzarchitekturen (z. B. Tobin Tax), die Vermeidung von Öko- und Sozialdumping und den internationalen Wettbewerb.

Im Hinblick auf denkbare Maßnahmen sind generelle Schwierigkeiten offenkundig. Das Problemfeld „Umwelt“ lädt zum Trittbrettfahren ein. Es entspricht wirtschaftlicher Logik, die Gewinne eines Unternehmens zu privatisieren (zu internalisieren) und die Kosten zu sozialisieren (zu externalisieren). Dabei müsste es genau umgekehrt sein. Die externen ökologischen und sozialen Kosten müssten internalisiert werden, die Preise müssten die ökologische und soziale Wahrheit sagen. Aus Sicht der klassischen ökonomischen Theorie gibt es als Ausweg aus der „Tragödie der Gemeingüter“ nur zwei Alternativen. Entweder werden die Gemeingüter privatisiert und einzelnen Nutzern exklusiv übergeben. Oder die Gemeingüter werden vollständig unter die Kontrolle einer Behörde gestellt, die eine angemessene Nutzung vieler überwacht. Die US-amerikanische Ökonomin Elinor Ostrom hat einen dritten Weg formuliert. Auf der Basis vieler Feldstudien hat sie analysiert, dass Menschen in verschiedenen Umständen Wege gefunden haben, gemeinsam verantwortungsvoll mit Ressourcen umzugehen: durch lokale Kooperation, Selbstorganisation und Selbstregierung. Ihre wesentlichen Erkenntnisse lauten zusammengefasst: Sobald ein Gut eingrenzbar und die betroffene Gruppe der Nutzer überschaubar ist, funktioniert Selbstregulierung besser als wenn der Staat eingreift. Der dominierende top-down-Ansatz zum Umweltschutz ist nicht zielführend. Effizienter ist ein bottom-up-Ansatz, der die lokalen Akteure nicht als Teil des Problems, sondern als potentiellen Teil der Lösung

ansieht. Auch bei der Emissionsvermeidung zum Klimaschutz solle man nicht auf eine globale Lösung warten, sondern lokal beginnen. Elinor Ostrom hat 2009 für ihre Arbeiten zum Thema „Governing the Commons“ (OSTROM, 1999) als erste und bislang einzige Frau den Nobelpreis für Ökonomie erhalten.

Das Problemfeld „Solidarität“ bedeutet, dass zu der uns geläufigen Nächstenliebe eine räumliche und zeitliche Fernstenliebe hinzukommen muss. Bislang galten Identität und Loyalität allein dem Nationalstaat, der durch die Globalisierung einem Erosionsprozess ausgesetzt ist. Wie soll diese Loyalität auf die Weltgesellschaft übertragen werden? Beim Problemfeld „Regeln“ sind die Schwierigkeiten gleichfalls groß. Die global agierenden Unternehmen ziehen Vorteile daraus, die Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern bezüglich Rechtsvorschriften, Genehmigungsverfahren und Steuern zu ihrem Vorteil zu nutzen und gegeneinander auszuspielen.

Die Geowissenschaften sind bei dem zentralen Problem „Umwelt“ in besonderer Weise gefordert. Hierauf werde ich in Kap. 11 eingehen. Die Weltprobleme „Weltgesellschaft/Solidarität“ und „Weltwirtschaft/Regeln“ sind von Menschen gemacht. Sie ließen sich prinzipiell verändern, was unter dem Begriff Global Governance diskutiert wird.

9 Perspektiven einer nachhaltigen Entwicklung

Die Herausgeber des Sammelbandes „Perspektive einer nachhaltigen Entwicklung“ schreiben zu Beginn ihres einführenden Beitrags: „Alle wesentlichen Entwicklungen in Bezug auf Nachhaltigkeit laufen in allen Gesellschaften auf dem Globus in falsche Richtung. Daher ist eine weitere Zeit des „Leisetretrons“ nicht mehr zu verantworten. Um die Zivilgesellschaft wachzurütteln, müssen wir den Spagat wagen und einerseits den Menschen ein realistisches Bild vom schier unersättlichen Ressourcen- und Energieverbrauch und den damit verbundenen Überlastungen der Ökosysteme der Erde sowie den uns verbleibenden Handlungsoptionen zeichnen. Andererseits müssen wir gleichzeitig die gute Botschaft vermitteln, dass eine nachhaltigere Welt von morgen mehr und neue Lebensqualität bringen kann: zum Beispiel Zeitwohlstand, befriedigende soziale Beziehungen, Gesundheit, Glück und Solidarität“ (WELZER & WIEGANDT, 2011).

Hier möchte ich auf drei Beiträge aus dem Sammelband eingehen, um damit auf meine Ausführungen in Kap. 11 vorzubereiten. Der Ökonom Paul Etkins weist auf den engen Zusammenhang zwischen Umweltfaktoren und menschlichem Wohlstand hin. Ohne Beteiligung des Menschen sind die Funktionen der Biosphäre meist positiv rück-

gekoppelt. Durch menschliche Eingriffe in diesen Zyklus wird einerseits vielfältiger Nutzen aus den Umweltfunktionen gezogen. Andererseits führen diese Eingriffe zu Beschädigungen der Biosphäre, wodurch der durch die Umweltfunktionen gebotene Nutzen zunehmend geschmälert wird. Das wird bei dem Problem Klimastabilität in vielen Teilen der Welt sichtbar durch nie dagewesene Stürme, Überschwemmungen, Trockenheit und Brände. Der Politologe Dirk Messner beschreibt in seinem Beitrag drei Wellen des globalen Wandels, die Wirtschaft, Politik und Gesellschaft weltweit tiefgreifend verändert haben und weiter verändern werden. Das sind zum einen die ökonomische Entgrenzung und Verschärfung der Weltprobleme, zum zweiten die Machtverschiebungen im internationalen System (sichtbar durch den zunehmenden Einfluss der G20 bei gleichzeitig schwindendem Einfluss der G8) und zum dritten der Klimawandel. Er beschreibt, dass der beschleunigte Klimawandel die wesentlichen Grundlagen menschlicher Zivilisation zunehmend unter Druck setzt. Das sind die Bodenverfügbarkeit und Nahrungsmittel, der Zugang zu Wasser, die Klimastabilität sowie die Frage nach einer klimaverträglichen Energieversorgung.

Der Politologe und Kulturwissenschaftler Claus Leggewie thematisiert gleichfalls den Klimawandel. Zeit- und Handlungsdruck seien enorm, die Physik des Klimawandels erfordere sofortiges Handeln, damit Reduktionsziele für übermorgen überhaupt noch erreichbar sind. Er stellt fest, dass die Kurzfristigkeit politischer Aktionen, die „Mischung aus kampagnenbezogener Hektik und permanenter Verschiebung“, ein entscheidender Grund für die Legitimitätserosion der politischen Akteure darstellt. Er schreibt am Schluss seines Beitrages: „Umweltpolitik und Klimaschutz, über deren Notwendigkeiten mehr Konsens denn je besteht, mangelt es nicht an positiven Zielen. ... Die Energiewende bietet der Bürgergesellschaft Chancen zur Entfaltung, die seit den Ursprüngen der Moderne und den Gründerjahren der industriellen Revolution nicht mehr bestanden.“

In weiteren Darstellungen von Claus Leggewie und Harald Welzer wird der Bezug zu den Geowissenschaften besonders deutlich, sie kreisen um das Thema Klimawandel als Kulturwandel. Nach ihrer Auffassung ist der Klimawandel nicht nur ein globales Phänomen, er stellt darüber hinaus die menschlichen Gesellschaften und Institutionen vor völlig neue Herausforderungen. Welzer macht deutlich, dass die Linien der Gewalt im 21. Jahrhundert durch Konflikte um Ressourcen, Kriege gegen eigene Bevölkerungen, Wellen von Klimaflüchtlingen und Terrorismus gekennzeichnet sind (WELZER, 2008). Leggewie und Welzer verdeutlichen in ihrem Buch mit dem programmatischen Titel „Das Ende der Welt, wie wir sie kennen“, dass unsere Lebensgewohnheiten die Funk-

tionsgrenzen der kapitalistischen Wirtschaftsform überschreiten (LEGGEWIE & WELZER 2009). Sie stellen die Frage, ob die Demokratien des Westens fähig sind, sich in Richtung Zukunftsfähigkeit zu modernisieren. Sie sind der Auffassung, dass sich eine Gesellschaft zur Meisterung der Krise nicht mehr allein auf bisherige Institutionen und Akteure verlassen kann. Die Bürgergesellschaft muss sich als verantwortlicher Teil eines Gemeinwesens verstehen, das ohne deren aktiven Beitrag nicht überleben kann. Die Autoren möchten die Chancen einer Demokratisierung der Demokratie ausloten. In dem Sammelband „KlimaKulturen“ (WELZER et al, 2010) wollen die Autoren der Zukunftsvergessenheit der Sozial-, Geistes- und Kulturwissenschaften entgegenzutreten. Denn ihre eigene Zunft habe bislang versäumt, sich mit dem Thema Klimawandel als Kulturwandel zu befassen.

Mit diesem Abschnitt möchte ich Leser, die sich vorzugsweise mit naturwissenschaftlichen und technischen Themen befassen dazu animieren, sich mit Analysen der anderen Kultur auseinanderzusetzen. Denn wenn die Technik der entscheidende Treiber gesellschaftlicher Entwicklungen ist, dann sollten die Macher der Technik von den Gesellschaftswissenschaften lernen. Es ist eine unter Ingenieuren und Naturwissenschaftlern häufig anzutreffende Vorstellung, Gesellschaftswissenschaftler als Akzeptanzbeschaffer gebrauchen (besser missbrauchen) zu wollen. Diejenigen, die so denken, haben die Botschaft (noch) nicht verstanden.

10 Technikfolgenabschätzung

Der Begriff Technology Assessment (TA) tauchte erstmalig 1966 in einem Bericht an den US-amerikanischen Kongress im Zusammenhang mit Folgen technischer Entwicklungen auf. Konkreter Anlass war die Forderung nach einem Frühwarnsystem bei komplexen großtechnischen Neuerungen wie Überschallflug, Raumfahrttechnik und Raketenabwehrsystemen. Als Folge davon wurde 1972 das Office of Technology Assessment (OTA) gegründet. Damit sollte ein Beratungsorgan für den Kongress, also die Legislative, geschaffen werden. Dies löste ähnliche Bewegungen in den westlichen Industrieländern aus, wobei für TA synonym die Übersetzungen Technikbewertung oder Technikfolgenabschätzung verwendet werden. Zur Geschichte der TA-Bewegung in Deutschland verweise ich auf die Darstellungen in GRUNWALD (2002) und JISCHA (1999, 2004, 2005). Hier möchte ich sogleich aus der VDI-Richtlinie „Technikbewertung“ die Vorgehensweise beschreiben (VDI 1991):

„Technikbewertung“ bedeutet hier das planmäßige, systematische, organisierte Vorgehen, das

- den Stand einer Technik und ihre Entwicklungs-

- möglichen analysiert,
 - unmittelbare und mittelbare technische, wirtschaftliche, gesundheitliche, ökologische, humane, soziale und andere Folgen dieser Technik und möglicher Alternativen abschätzt,
 - auf Grund definierter Ziele und Werte diese Folgen beurteilt oder auch weitere wünschenswerte Entwicklungen fordert,
 - Handlungs- und Gestaltungsmöglichkeiten daraus herleitet und ausarbeitet,
- so dass begründete Entscheidungen ermöglicht und gegebenenfalls durch geeignete Institutionen getroffen und verwirklicht werden können.“

Ingenieure haben Technik schon immer bewertet, bislang jedoch nur nach zwei Kriterien, einem technischen und einem ökonomischen. Das technische Kriterium betrifft Qualität, Funktionalität und Sicherheit von Produkten und Prozessen. Die Ökonomie beinhaltet einerseits ein betriebswirtschaftliches Kriterium, das danach fragt, ob sich ein Produkt am Markt platzieren lässt. Die volkswirtschaftliche Seite der Ökonomie berücksichtigt Fragen der internationalen Verträglichkeit und der Verfügbarkeit. Das Leitbild Nachhaltigkeit verlangt mehr, Technik muss zusätzlich umweltverträglich und sozialverträglich sein.

Die in der VDI-Richtlinie beschriebene Vorgehensweise zur Technikbewertung bzw. Technikfolgenabschätzung ist auf die Gesetzesfolgenabschätzung (GFA) übertragen worden (BÖHRET & KONZENDORF, 2001). Dabei wird die enge Anlehnung an die Vorgehensweise bei TA deutlich. GFA soll helfen, die wahrscheinlichen Folgen und Nebenwirkungen rechtsförmiger Regelungsvorhaben zu ermitteln und zu beurteilen. GFA muss Zukunftsperspektiven und Entwicklungen berücksichtigen und in die Folgenabschätzung einbeziehen. GFA soll den politisch-administrativen Prozess der Gesetzgebung unterstützen und zu seiner Rationalisierung beitragen. Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, GFA in das Regierungssystem zu integrieren; so z. B. als Anweisungen in den Geschäftsordnungen politisch-administrativer Instanzen oder in Form von Normprüfstellen neuen Typs. GFA dient der expertengestützten Entwicklung von Regelungsalternativen und deren vergleichender Folgenbeurteilung, der Überprüfung von Entwürfen nach bestimmten Kriterien wie Kosten/Wirksamkeit und Verständlichkeit sowie Evaluierung der tatsächlich eingetretenen Wirkungen in Kraft gesetzter Rechtsvorschriften. Ebenfalls in Anlehnung an die Vorgehensweise bei TA unterscheidet man drei Module: Prospektive GFA als vorausschauendes Verfahren der Folgenabschätzung auf der Basis von Regelungsalternativen, begleitende GFA als vorausschauendes Verfahren auf der Basis eines rechtsförmigen Entwurfs und retrospektive GFA als zurückschauendes Verfahren auf der Basis einer in Kraft getretenen Rechtsvorschrift. Nach meinem Eindruck hat

GFA noch keinen Eingang in die Ausbildung der Juristen gefunden.

Aus Sicht der TA-Experten benötigt die politische und administrative Seite dringend das Instrument GFA. Seit 1989 gibt es ein Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB), das seither in Personalunion vom Leiter des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) geleitet wird. Ich möchte anregen, eine analoge Einrichtung bezüglich GFA beim Deutschen Bundestag einzurichten. Man könnte auch darüber nachdenken, eine Einrichtung für Folgenabschätzungen jedweder Art einzurichten. Deren Aufgabe müsste darin bestehen, alle Aktivitäten in Politik und Wirtschaft am Leitbild Nachhaltigkeit auszurichten. Wir brauchen ein integriertes Nachhaltigkeitsmanagement, das sich an bereits existierende Managementsysteme wie Qualitäts-, Umwelt- und Risiko-Management anlehnen könnte. Denn die Frage, wie nachhaltig ist nachhaltig, hat mit der Frage zu tun, wie sicher ist sicher.

Die Reaktorkatastrophe vom März 2011 in Fukushima war eine (erneute) Bestätigung dafür, dass wir Folgenabschätzungen dringend benötigen. Es sei daran erinnert, dass es zuvor 1979 zu einem Reaktorunfall in Harrisburg/USA gekommen ist. Die erstellte Analyse der Experten ist anschließend von dem Soziologen Charles Perrow analysiert worden. Daraus ist das Buch „Normale Katastrophen“ entstanden (PERROW, 1987, Orig. 1984). Seine Kernaussage lautet, dass in großtechnischen Systemen unabhängig von inhärenten Gefahren wie Toxizität, Explosivität oder Radioaktivität Systemausfälle geradezu unausweichlich sind. Seine Schlüsselbegriffe sind Komplexität und Kopplung. Je komplexer das System und die Wechselwirkungen seiner Bestandteile sind, desto häufiger kann es zu Störungen kommen und desto häufiger können die Signale der Störungen mehrdeutig sein und destabilisierende Reaktionen der Operateure und der automatischen Steuerungen bewirken.

Drei „normale Katastrophen“ haben das Jahr 1986 zu einem „Schaltjahr“ der Risikodebatte gemacht. Das war zunächst die Explosion der Raumfähre Challenger unmittelbar nach dem Start, was unmittelbar über die Fernsehschirme verfolgt wurde. Danach der GAU eines Reaktorblocks in Tschernobyl, was zur Einrichtung des BMU führte, und drittens der Chemieunfall von Sandoz in der Schweiz. Letzterer war deshalb bedeutsam für weitere Diskussionen, weil Argumente wie „das kann bei uns nicht passieren“ (wie es nach dem folgenschweren Chemieunfall 1984 in Bhopal/Indien hieß) mit einem Schlag unglaublich wurden. Die Botschaft von Sandoz lautete, wenn es in der Schweiz passieren kann, dann kann es überall auf der Welt passieren. Dieses Muster hat sich 2011 wiederholt. Wenn es in Japan passieren kann, dann kann

es überall auf der Welt passieren. Hinzu kommt, dass das Unglück von Fukushima (im Gegensatz zu Tschernobyl, wo über die Folgen berichtet wurde) zu einem „Iconic Turn“ geführt hat.

Der Philosoph Hans Jonas, Autor des Buches „Das Prinzip Verantwortung“ (JONAS, 1979), hat in seinem Artikel „Warum die Technik ein Gegenstand für die Ethik ist: Fünf Gründe“ in dem Band „Technik und Ethik“ (LENK & ROPOHL, 1987) formuliert: „Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden“. Einer der fünf Gründe lautet „Globale Ausmaße in Raum und Zeit“. Heutige Technologien sind dadurch gekennzeichnet, dass Wirkmächtigkeit und Eindringtiefe bezüglich Raum und Zeit in einem Maße angewachsen sind wie nie zuvor in der Geschichte. Stets galt der Erfahrungssatz, dass die Reichweite unserer Handlungen stets größer ist als die Reichweite unseres Wissens über mögliche Folgen. Durch die Ausdehnung der technischen Wirkmächtigkeit ist die Verantwortbarkeitslücke ständig angewachsen (GLEICH, 1988).

11 Dynamische Erde – Zukunftsaufgaben der Geowissenschaften

Diesen Titel hat die Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Geokommission) ihrer Strategieschrift gegeben (WEFER, 2010). Ausgehend von der Feststellung, dass die Geowissenschaften (GW) das komplexe System Erde erforschen, um die Einzelkomponenten und das Gesamtsystem besser verstehen zu können, wird dargestellt, dass sich die Geowissenschaften im Umbruch befinden. Es gibt weiterhin spezifische Fragestellungen für die klassischen GW-Disziplinen Geologie, Paläontologie, Mineralogie, Geophysik und Physische Geographie. Diese Disziplinen arbeiten eng mit anderen GW-Fächern wie Ozeanographie, Meteorologie, Geodäsie, Bodenkunde und Hydrologie zusammen. Das ist nach wie vor notwendig, aber für die Bewältigung der Zukunftsaufgaben nicht hinreichend. In Zukunft werden auch Geistes- und sozialwissenschaftliche Fächer wie Human- und Wirtschaftsgeographie, Umweltrecht und empirische Sozialwissenschaften mit einbezogen werden müssen. Die Verknüpfung aller Disziplinen, die sich mit dem System Erde beschäftigen, kann wesentlich zum besseren Verständnis der globalen Entwicklung beitragen.

In der Strategieschrift werden wissenschaftliche Herausforderungen explizit formuliert. Exemplarisch seien genannt: Die Untersuchung der Dynamik der Stoff-, Ressourcen-, Migrations- und Verkehrsströme unter besonderer Berücksichtigung der Nachhaltigkeit; das Studium der innerurbanen Siedlungsdynamik unter Einschluss von Prozes-

sen und Einflussfaktoren urbaner Ökonomie; Regierbarkeit, Management und Steuerungsfähigkeit von Megastädten im Zuge zunehmender Besiedlung und Nutzung von Georessourcen; Auswirkungen von Luft- und Wasserverschmutzung sowie Verkehrs- und Siedlungsdichte im Ballungsräumen auf Umwelt, Gesundheit und Lebensqualität; Feststellung natürlicher und anthropogener Risiken und Entwicklung von Bewältigungsstrategien. Weiter werden wesentliche Veränderungen des Systems Erde durch den Menschen dargestellt, aus denen Forschungsansätze formuliert werden. Auch hier eine exemplarische Auflistung: Gewinnung verwertbarer Produkte aus Altlasten; Abwägung der Sanierungskosten durch den Gewinn verwertbarer Reststoffe; kostengünstige und dauerhafte Sicherungsverfahren jedweder Art, insbesondere für Entwicklungsländer. An dieser Aufzählung soll deutlich gemacht werden, dass klassische GW-Themen nach wie vor notwendig sind. Notwendig und hinreichend ist jedoch erst die Verbindung von naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen zur Bewältigung der heutigen und zukünftigen Problemstellungen. Das gilt für die Ingenieurwissenschaften in gleicher Weise, die vor knapp 30 Jahren begonnen haben, sich mit (Technik-) Folgenabschätzungen zu befassen (Kap.10). Den Ingenieuren ist das vermutlich deshalb leicht gefallen, weil sie ein problemorientiertes Wissenschaftsverständnis haben. Die meisten anderen Wissenschaften zeichnen sich im Gegensatz dazu durch ein disziplinenorientiertes Wissenschaftsverständnis aus.

Eine weitere Studie verstärkt die Argumentation. „Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation“ lautet der soeben erschienene Bericht des WBGU (WBGU, 2011). Dieser Bericht ist deshalb bemerkenswert, weil er für die Behandlung der drängenden Zukunftsfragen die enge Zusammenarbeit der „Zwei Kulturen“ (SNOW, 1967), der Geistes- und Gesellschaftswissenschaften einerseits sowie der Natur- und Ingenieurwissenschaften andererseits, einfordert. Es geht dem WBGU um einen neuen Weltgesellschaftsvertrag für eine klimaverträgliche und nachhaltige Weltwirtschaftsordnung. Dieser Gesellschaftsvertrag kombiniert eine Kultur der Achtsamkeit (aus ökologischer Verantwortung) mit einer Kultur der Teilhabe (als demokratische Verantwortung) und einer Kultur der Verpflichtung gegenüber zukünftigen Generationen (Zukunftsverantwortung). Der Gesellschaftsvertrag umfasst auch neue Formen globaler Willensbildung und Kooperation. Der WBGU fordert analog zum Weltsicherheitsrat die Schaffung eines „UN-Rates für Nachhaltige Entwicklung“.

Das Fazit des WBGU lautet: „Der „fossilnukleare Metabolismus“ der Industriegesellschaft hat keine Zukunft. Je länger wir an ihm festhalten, desto höher wird der Preis für die nachfolgenden Generati-

onen sein. Doch es gibt Alternativen, die allen Menschen zumindest die Chance auf ein gutes Leben in den Grenzen des natürlichen Umweltraumes eröffnen können. Ohne eine weltweite Übereinkunft, diese Alternativen tatsächlich zu wagen, werden wir nicht aus der Krise der Moderne herausfinden. Nichts weniger als ein neuer Contrat Social muss also geschlossen werden. Dabei wird die Wissenschaft eine entscheidende, wenngleich dienende Rolle spielen. Nachhaltigkeit ist nicht zuletzt eine Frage der Fantasie.“

Einer der Autoren der WBGU-Studie ist Claus Leggewie (zu dessen Ausführungen siehe Kap. 9.) Die Botschaft dieses Abschnitts ist eindeutig. Mehr denn je brauchen wir die Zusammenarbeit der „Zwei Kulturen“. Das stellt historisch gewachsene akademische Strukturen vor Herausforderungen, auf die sie bislang (nach meinem Eindruck) noch nicht angemessen reagiert haben. Das betrifft nicht nur Forschungsinhalte, sondern in besonderer Weise auch Lehrinhalte. Das werde ich am Beispiel der Ingenieurwissenschaften im nächsten Kapitel thematisieren.

Bislang habe ich in meinem Beitrag nur von Geowissenschaften gesprochen. Die 1986 gegründete Niedersächsische Akademie der Geowissenschaften hat angesichts des breiter gewordenen Berufsspektrums der Akademiemitglieder 2007 den Namen in Akademie für Geowissenschaften und Geotechnologien abgeändert. Aus dem Grund möchte ich einige Bemerkungen zu dem Begriff Geotechnologien machen. Im Jahr 2000 haben BMBF und DFG gemeinsam das neue Forschungs- und Entwicklungsprogramm „Geotechnologien“ vorgestellt. Das war in zweifacher Hinsicht ambitioniert. Im Ansatz, weil die beiden wichtigsten deutschen Einrichtungen zur Forschungsförderung ein gemeinsames Programm etabliert haben, und in der Idee, weil durch abgestimmtes Handeln über Fächer- und Staatengrenzen hinweg der Grundstein für ein globales Erdsystemmanagement gelegt werden sollte. Das Programm umfasst 13 Kernbereiche. Einige dieser Bereiche sind unkritisch, was mögliche unbeabsichtigte Folgen betrifft. Dazu gehören die Erfassung des Systems Erde aus dem Welt- raum, Frühwarnsysteme im Erdmanagement und Geoinformationssysteme. Andere Bereiche wie geologische Kohlendioxid-Speicherung oder Gas- hydrate im Geosystem haben früh Anlass zu Kritik gegeben. Begriffe wie Geo-Engineering oder Climate-Engineering deuten darauf hin, dass unter dem Begriff Geotechnologien auch an die gezielte Beeinflussung des Klimas mit technischen Mitteln gedacht wird. Hier gibt es i. w. zwei konzeptionelle Ansätze, um mit global eingesetzten Techniken die Atmosphäre künstlich zu „kühlen“. Ein Ansatz schlägt vor, die Rückstrahlung des Sonnenlichts zu erhöhen, um so einem globalen Temperaturan-

stieg entgegenzuwirken, entweder durch das Ausbringen von Aerosolen (wie bei einem Vulkanausbruch) oder durch das „Weiß-Streichen“ von Straßen und Hausdächern. In beiden Fällen würde die planetare Albedo gesteigert werden. Der zweite Ansatz besteht darin, der Atmosphäre möglichst viel Kohlendioxid zu entziehen, entweder direkt durch Abscheidung und Speicherung von Kohlendioxid oder indirekt durch Düngung der Meere mit Eisen oder Phosphor. Es liegt auf der Hand, dass es sich hierbei um unkalkulierbare Risiken bezüglich Raum und Zeit handeln würde. Eine prospektive Technikfolgenabschätzung wäre absolut unerlässlich. In der vom ITAS des KIT herausgegebenen Zeitschrift „Technikfolgenabschätzung - Theorie und Praxis“ ist die Ausgabe 19. Jg. Heft 2, Juli 2010 dem Schwerpunktthema „Climate Engineering: ein Thermostat für die Erde?“ gewidmet. Als Fazit zu den Geotechnologien sei festgehalten: Ein Einsatz ohne begleitende Folgenabschätzungen wäre unverantwortlich.

In Deutschland gibt es für die Bearbeitung von TA-Studien eine Reihe weiterer Einrichtungen, davon seien neben dem ITAS genannt: Europäische Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen Bad Neuenahr-Ahrweiler; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe; Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung in Berlin; Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie sowie die Prognos AG in Basel mit starken Aktivitäten in Deutschland.

12 Herausforderungen für Lehre und Forschung

Für Ingenieure (und Naturwissenschaftler) sind nach meiner Auffassung die Themen Nachhaltigkeit und TA in Lehre und Forschung unverzichtbar sein. In ähnlicher Weise argumentiert der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in seiner Broschüre „Ingenieurausbildung im Umbruch, Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation“ (VDI, 1995). In deren Präambel heißt es „Der grundlegende Strukturwandel in Technik, Wirtschaft und Gesellschaft, ausgelöst einerseits durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse, durch fortschreitende Internationalisierung der Märkte und Verschärfung des Wettbewerbs und andererseits durch steigendes Umweltbewusstsein, durch die ambivalente Einstellung der Gesellschaft zur Technik und die Ambivalenz der Technik selbst, stellt neue Anforderungen an die Qualifikation der Ingenieure [...]. Im Zuge dieses Strukturwandels sind neben den fachlichen Kenntnissen und Fähigkeiten zunehmend die Teamfähigkeit, Methodenkompetenz, systemisches und vernetztes Denken erforderlich. Erwartet werden auch Urteils- und Hand-

lungskompetenz in Zusammenhang mit gesellschaftlichen, interkulturellen, politischen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen und Folgen der Entstehung und Verwendung von Technik. Daraus ergeben sich grundlegende Änderungen in der Struktur des Bildungswesens, der Auswahl der Studieninhalte und der Lehrmethoden.“

In welcher Weise die Struktur der Studieninhalte verändert werden sollte wird in den Empfehlungen verdeutlicht:

„Den Kern der im Studium zu erwerbenden Ingenieurqualifikation sollte ein breites Spektrum an mathematisch-naturwissenschaftlichem, technischem und übergreifendem Grundlagenwissen bilden. Dieses sollte sich über alle in Betracht kommenden Ausbildungsfächer erstrecken und dadurch die Basis für die später erforderliche berufliche Mobilität legen. Die fundierte Vermittlung breiter Grundlagen im Studium ist auch deshalb so wichtig, weil diese später im Berufsleben nur schwer nachzuholen ist. Zum modernen Grundlagenwissen gehören nach Meinung des VDI auch ökologische Kenntnisse im Anwendungszusammenhang der jeweiligen Technologie und Kenntnisse über Inhalte und Verfahren der Technikbewertung.“

Damit gehört das Fach Technikbewertung nach Auffassung des VDI zum heutigen Grundlagenwissen. Der VDI schlägt unmissverständlich vor, den Umfang der Vertiefung und Anwendung zu Gunsten der Grundlagenausbildung und der fachübergreifenden Inhalte zu reduzieren. Mir ist keine Hochschule bekannt, die die Empfehlungen des VDI auch nur annähernd umgesetzt hat.

„Anforderungen an die Ingenieure der Zukunft“ lautet Abschnitt 7.1 aus meinem Studienbuch „Ingenieurwissenschaften“ (JISCHA, 2004). Damit knüpfe ich an die geschilderten Empfehlungen des VDI an. Vorschläge zur Reduzierung des Anwendungsbezuges zu Gunsten der Grundlagenausbildung und der fachübergreifenden Inhalte sind umstritten. Aus verständlichen Gründen sind einerseits die Kollegen der anwendungsorientierten Institute dagegen, ebenso wie Vertreter der Universitätsleitung, die zu Recht einen Einbruch bei der Einwerbung der Drittmittel befürchten. Dem ist wenig entgegenzusetzen, solange der Rang einer Universität maßgeblich an der Höhe der eingeworbenen Drittmittel festgemacht wird. Diese fließen naturgemäß umso kräftiger, je größer der Praxisbezug ist. Gerade die Ingenieur fakultäten scheinen sich daran zu gewöhnen, ihre Institute als staatlich subventionierte Ingenieurbüros zu betreiben. Und die zuständigen Ministerien empfehlen unverblümt, die nahezu ständige Reduktion der institutionellen Zuwendungen durch eine erhöhte Einwerbung von Drittmitteln zu kompensieren. Um nicht missverstanden zu werden: Drittmittel sind prinzipiell nicht schlecht, aber ein Universitätsinstitut ist kein Ingenieurbüro und keine Beratungsfirma. Eine Orien-

tierung von Forschungsthemen ausschließlich an der Frage, ob sich damit Drittmittel einwerben lassen, geht am zentralen Auftrag der Universität vorbei. Forschungsprogramme primär an kurzfristigen Erwartungen der Industrie auszurichten, versperrt den Langzeitblick. Es engt Freiräume ein, die für eine kreative Forschung unerlässlich sind. Aus den bisherigen Ausführungen und den Empfehlungen des VDI ziehe ich folgende Konsequenzen für das Studium der Ingenieure (JISCHA, 2004):

1. Die trendinvarianten Grundlagen sind zu verstärken. Lösungsverfahren der numerischen Mathematik, die Newtonschen Grundgleichungen der Mechanik, die Hauptsätze der Thermodynamik sowie die Maxwell'schen Gleichungen der Elektrodynamik sind unabhängig von den jeweils zu lösenden Problemen. Nur eine souveräne Beherrschung der Grundlagen gibt den Ingenieuren Flexibilität, Elastizität und Anpassungsfähigkeit an neue Fragestellungen. Die Optionenvielfalt möglicher Arbeitsfelder wird erhöht, während eine allzu frühe Spezialisierung diese einengt.
2. Es geht verstärkt um technische Komponenten und um Systeme. Wir benötigen mehr Systemkompetenz. Am Beispiel der Energietechnik bedeutet dies, dass zu der unverzichtbaren Beherrschung der „Prozesse“ Wandlung, Transport und Speicherung (Abb. 2) verstärkt Kenntnisse in Energiesystemtechnik hinzukommen müssen.
3. Ingenieure brauchen zunehmend Fähigkeiten kommunikativer, sozialer und interkultureller Art, und dies aus zwei Gründen. Ingenieure sind durchweg sprachlos, wenn in der Öffentlichkeit (und in Talkshows) über Technik diskutiert wird. Dieses Feld überlassen sie kampflos Vertretern der „anderen Kultur“ und wundern sich anschließend über eine vermeintliche oder tatsächliche Technikfeindlichkeit der Gesellschaft. Ein zweiter Grund liegt darin, dass die Bearbeitung realer Probleme zumeist nur zwischen den Disziplinen erfolgen kann.

Die Antwort der Hochschulen angesichts der neuen Herausforderungen war bislang erstaunlich kurzsichtig, nicht nur in den technischen Disziplinen. Wenn ein Problemfeld ausgemacht wurde, dann wurde ein neuer (meist „Bindestrich“-) Studiengang kreiert. Nahezu ständig erfahren wir von neuen Studiengängen mit oft abenteuerlichen Wortschöpfungen. Angesichts der Gegenwartsschrumpfung kann man davon ausgehen, dass viele der heute ausgemachten Arbeitsfelder durch neue ersetzt sein werden, wenn die ersten Absolventen die Hochschulen verlassen. Was also ist zu tun? Ein Besinnen auf die Kernkompetenzen tut not. Es ist mir unverständlich, warum „Passgenauigkeit“ („Employability“) aus Sicht etlicher Kollegen zum Leitbild technischer Studiengänge werden soll. Wer kann

angesichts des Popper-Theorems wissen, welche „fachspezifischen“ Kenntnisse in einigen Jahren von Bedeutung sein werden? Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften haben bleibenden Wert. Sie gilt es zu verstärken und nicht auf Kosten der Vertiefungen zu reduzieren.

2010 hat der WCEC (World Chemical Engineering Council) eine Anfrage an alle Hochschulen gerichtet, die Chemieingenieure ausbilden. Dabei geht es um die Frage, ob und in welcher Weise das Leitbild Nachhaltigkeit in Lehre und Forschung eingebettet ist. Das Projekt ist vom Autor formuliert worden, diesbezügliche Aktivitäten sind kürzlich in einem Interview dargelegt worden (JISCHA, 2010a). Hier sei kurz skizziert, in welcher Weise ich an der TU Clausthal vorgegangen bin. Neben meinen Lehrverpflichtungen in Mechanik/Strömungsmechanik habe ich zunächst im Rahmen des Studium Generale Lehrveranstaltungen im Sinne dieses Beitrags angeboten. Am Anfang stand die Vorlesung „Herausforderung Zukunft“, erstmalig im Wintersemester 1991/92 gehalten, also unmittelbar vor der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio de Janeiro im Juni 1992. Daraus ist das gleichnamige Buch entstanden (JISCHA, 1993, 2005). Das war eine Sensibilisierungs-Vorlesung, denn es ging darum, die Hörer für die Weltprobleme zu sensibilisieren. Im Wintersemester 1994/95 folgte die Operationalisierungs-Vorlesung „Technikbewertung“ (TA ist Nachhaltigkeits-Management) und im Sommersemester 1995 die Anschluss-Vorlesung „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“. Der Begriff Anschluss soll verdeutlichen, dass ein direkter Bezug zur System- und Regelungstechnik sowie zu dem Instrument der Modellierung und Simulation (mit Übungen) hergestellt wurde.

Die drei Vorlesungen sind in der Folgezeit in verschiedenen Studiengängen verpflichtend verankert worden und werden seitdem kontinuierlich gehalten, seit meiner Emeritierung im Jahr 2002 von externen Professor(inn)en. Das sind drei ehemalige Doktoranden/Habilitanden, hier aufgeführt in der Reihenfolge der genannten Vorlesungen. Christian Berg (Honorarprofessor und bei SAP Global Head Sustainability) hat die einführende Vorlesung „Herausforderung Zukunft“ übernommen, die mit inhaltlichen Veränderungen nunmehr „Nachhaltigkeit und Globaler Wandel“ heißt. Ildiko Tulbure (Professorin an der Universität Alba Julia, Rumänien) liest „Technikbewertung“ und Björn Ludwig (apl. Professor und Geschäftsführer des Zukunftszentrums Tirol) liest „Dynamische Systeme in Natur, Technik und Gesellschaft“. Über diesen partiell erfolgreichen bottom-up-Ansatz des Autors wurde mehrfach berichtet (JISCHA, 1997, 1999a, 2004, 2005, 2010a, 2011), darin wird gleichfalls ein begleitendes Forschungsprogramm geschildert. Mit der Einschränkung „partiell erfolgreich“ soll ausge-

drückt werden, dass es bislang nicht zu einer Verstärkung durch eine planmäßige Professur gekommen ist. Ich halte das für einen Fehler, denn entsprechende Projekte/Studien innerhalb des Themenfeldes „Gesellschaft und Technik“ werden von Politik, Gesellschaft und Wirtschaft zunehmend nachgefragt werden.

Die drei aufgeführten Vorlesungen werden an der TU Clausthal seit dem Sommersemester 2011 durch die Vorlesung „Energieflüsse, Stoffkreisläufe und globale Entwicklung“ inhaltlich ergänzt. Sie wird von Thomas Turek, Professor für Chemische Verfahrenstechnik, im Studium Generale angeboten. Sie beruht auf einer Vorlesung von Lothar Rieker, erstmalig 1990 an der Universität Karlsruhe angeboten. Diese ist von seinen Schülern Georg Schaub und Thomas Turek weiter entwickelt und veröffentlicht worden (SCHAUB & TUREK, 2011). Ich gehe davon aus, dass auch diese Vorlesung zu einer Pflichtveranstaltung werden wird. Ich kann mir vorstellen, dass Studiengänge innerhalb der Geowissenschaften von den geschilderten Vorlesungen profitieren könnten.

13 Abschließende Bemerkungen

Ich beginne mit zwei Fragen. „Weiß die Wissenschaft, was wir für die Zukunft der (Industrie-) Gesellschaft wissen müssen?“ (MEYER-ABICH, 1988). Die Antwort darauf ist in der Regel einfach. Wir Ingenieure erforschen das, wofür es Drittmittel gibt. Also lautet die Frage, woher die Drittmittelgeber (DFG, AIF, BMBF, EC, Industrie ...) wissen, was wir für die Zukunft der Gesellschaft wissen müssen. Zweite Frage: „Die Technik ist die Antwort, aber wie lautet eigentlich die Frage?“ (NEIRYNCK, 1995). Meine Empfehlung lautet, sich jeden Tag genau diese beiden Fragen zu stellen.

Abschließend ein Fazit in mehreren Variationen, holzschnittartig formuliert. Wir sollten uns der Lebenslüge der Industriegesellschaft bewusst sein: Wir subventionieren unseren Wohlstand auf Kosten der Umwelt, der Mitwelt und der Nachwelt. Die Frage ist, ob wir unser ökologisches Kapital oder unser soziales Kapital rascher verbrauchen. Beides wird uns teuer zu stehen kommen. Eine Welt, in der die 20 % Reichen immer reicher, immer weniger und immer älter werden, während die 80 % Armen immer ärmer, immer mehr und immer jünger werden, kann politisch nicht stabil sein.

Vor rund 200 Jahren sagte Napoleon zu Goethe „Politik ist unser Schicksal“. Walther Rathenau, Gründer der AEG, formulierte vor etwa 100 Jahren „Wirtschaft ist unser Schicksal“. Unsere heutige Welt ist technologisch durchimprägniert wie nie zuvor in der Geschichte. Also sollten wir heute sagen „Technik ist unser Schicksal“. Daher müssen wir unsere Ausbildung in der geschilderten Weise verän-

dern, denn „Wir brauchen Ingenieure mit mehr Weitblick“ (JISCHA, 1999b). Nahezu zeitgleich mit Georg Agricola hat Niccolo Machiavelli Weitblick bewiesen, als er in seinem Hauptwerk „Der Fürst“ Anforderungen an die Herrschenden formulierte: „Es verhält sich damit so, wie die Ärzte von der Schwindsucht sagen: Sie ist im Anfangsstadium leicht zu heilen und schwer zu erkennen; ist sie aber fortgeschritten und hat man sie zu Beginn nicht erkannt und geheilt, dann ist es leicht, sie zu sehen, und schwer, sie zu heilen. So ist es auch in der Politik; denn hat man die Übel, die sich im Staat entwickeln, von weitem erkannt, was nur dem klugen Mann gegeben ist, so werden sie schnell beseitigt; wenn man sie aber, ohne sie verstanden zu haben, anwachsen lässt, bis ein jeder sie sieht, dann gibt es kein Heilmittel mehr“ (MACCHIAVELLI, 1513). Das ist leicht formuliert aber schwer getan. Denn wie sagte Kant vor rund 200 Jahren: „Die Notwendigkeit zu entscheiden ist stets größer als das Maß der Erkenntnis.“

Zum 25-jährigen Jubiläum der Akademie für Geowissenschaften und Geotechnologien möchte ich eine Empfehlung aussprechen. Dabei berufe ich mich auf Paul Crutzen, Nobelpreisträger für Chemie, der in Anlehnung an die Begriffsbildungen in den Geowissenschaften den Ausdruck „Anthropozän“ geprägt hat (CRUTZEN, 2002). Damit soll das mit Beginn der Industrialisierung begonnene Erdzeitalter beschrieben werden, in dem die Wirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt eine Dimension erreicht haben, die mit natürlichen Einflüssen vergleichbar ist. Im Sinne von Hans Jonas ist die Menschheit seither zu einem „Mitgestalter der Schöpfung“ geworden (JONAS, 1979). Das ist zu Beginn des 21. Jahrhunderts in drastischer Weise deutlich geworden. Erstmals seit Menschengedenken lebt die Hälfte aller Menschen in Städten, ist durch den Klimawandel die Nordost- und die Nordwestpassage möglich geworden und die Endlichkeit der fossilen Primärenergieträger hat (zunächst in Deutschland) zu dem gesellschaftlichen und politischen Konsens geführt, dass wir vor einer „Energiewende zur Nachhaltigkeit“ stehen. Diese Diskussionen in konstruktiver und kritischer Weise zu begleiten ist die Zukunftsaufgabe für die Geowissenschaften und Geotechnologien.

14 Literatur

- AGRICOLA, G. (1994): De re metallica.- Reprint nach dem Original von 1556; München (dtv).
- BMU (1992): Agenda 21, Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung 1992.– Bonn (BMU).
- BÖHRET C. & KONZENDORF G. (2001): Handbuch Gesetzesfolgenabschätzung.– Baden-Baden (Nomos).

- BÖHME, G. (1993): Am Ende des Bacon'schen Zeitalters.– Frankfurt/Main (Suhrkamp).
- CARSON, R. (1963): Der stumme Frühling.– München (Beck).
- CRUTZEN, P. J. (2002): Geology of Mankind.– Nature, **415/3**: 23.
- GLOBAL 2000 (1980): Der Bericht an den Präsidenten.– Frankfurt/Main (Zweitausendeins).
- GRUNWALD, A. (2002): Technikfolgenabschätzung – eine Einführung.– Berlin (Ed. Sigma).
- HARDIN, G. (1968): The Tragedy of the Commons. – Science, **162**: 1243-1248.
- HAUFF, V. (Hrsg.) (1987): Unsere gemeinsame Zukunft.– Greven (Eggenkamp).
- JISCHA, M. F. (1993): Herausforderung Zukunft – Technischer Fortschritt und ökologische Perspektiven.– Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- JISCHA, M. F. (1997): Das Leitbild Nachhaltigkeit und das Konzept Technikbewertung. Chemie Ingenieur Technik (69) **12/97**: 1695-1703.
- JISCHA, M. F. (1999a): Technikfolgenabschätzung in Lehre und Forschung.– In: PETERMANN, T. & COENEN, R. (Hrsg.): Technikfolgenabschätzung in Deutschland.– 165-195 Frankfurt/Main (Campus).
- JISCHA, M. F. (1999b): Standpunkt: Wir brauchen künftig Ingenieure mit mehr Weitblick.– VDI-Nachrichten, **19**, Nr. 46: 2.
- JISCHA, M. F. (2004): Ingenieurwissenschaften.– Reihe Studium der Umweltwissenschaften. Berlin (Springer).
- JISCHA, M. F. (2005): Herausforderung Zukunft – Technischer Fortschritt und Globalisierung.– 2. Auflage, Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).
- JISCHA, M. F. (2010a): Nachhaltigkeit in Lehre und Forschung in den Ingenieurwissenschaften.– GAIA **19/1**: 37-39.
- JISCHA, M. F. (2010b): Die Mechanik in der Geschichte.– In: HARTMANN, S. & BRENNER, G. (Hrsg.): Jahresbericht 2008/2009.– Berichte des Instituts für Technische Mechanik **1/2010**: 7-17; TU Clausthal, Clausthal-Zellerfeld.
- JISCHA, M. F. (2011): Technikfolgenabschätzung lehren – Seit wann, warum und wie? – In DUSSELDORP, M. & BEECROFT, R. (Hrsg.): Technikfolgen abschätzen lehren – Bildungspotenziale transdisziplinärer Methoden.– im Druck.
- JONAS, H. (1979): Das Prinzip Verantwortung.– Frankfurt/Main (Suhrkamp).
- JONES, E. L. (1991): Das Wunder Europa.– Tübingen (Mohr).
- LEGGEWIE, C. & WELZER, H. (2009): Das Ende der Welt, wie wir sie kannten - Klima, Zukunft und die Chancen der Demokratie.– Frankfurt/Main (Fischer).
- LENK, H. & ROPOHL, G. (Hrsg.) (1987): Technik und Ethik.– Stuttgart (Reclam).
- LÜBBE, H. (1994): Im Zug der Zeit.– Berlin (Springer).
- MACHIAVELLI, N. (1997, Orig. 1513): Der Fürst.– Frankfurt/Main (Insel TB).
- MEADOWS, D. L., MEADOWS, D.H. & ZAHN, E. (1973): Die Grenzen des Wachstums.– München (dtv).
- MEYER-ABICH, K. M. (1988): Wissenschaft für die Zukunft.– München (Hanser)
- NEIRYNCK, J. (1995): Der göttliche Ingenieur.– Renningen (Expert).
- OSTROM, E. (1999): Die Verfassung der Allmende.– Tübingen (Mohr Siebeck).
- PERROW, C. (1987, Orig. 1984): Normale Katastrophen.– Frankfurt/Main (Campus).
- POPPER, K. (1987): Das Elend des Historizismus.– Tübingen (Mohr).
- SCHAUB, G. & TUREK, T. (2011): Energy Flows, Material Cycles and Global Development.– Berlin (Springer).
- SNOW, C. P. (1967): Die zwei Kulturen.– Stuttgart (Klett).
- VCI (1994): Position der Chemischen Industrie.– Verband der Chemischen Industrie Frankfurt/Main (VCI).
- VDI (1991): Technikbewertung - Begriffe und Grundlagen.– Düsseldorf (VDI).
- VDI (1995): Ingenieurausbildung im Umbruch - Empfehlung des VDI für eine zukunftsorientierte Ingenieurqualifikation.– Düsseldorf (VDI).
- VON GLEICH, A. (Hrsg.) (1998): Bionik.– Stuttgart (Teubner).
- WBGU (2003): Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit.– Berlin (Springer).
- WBGU (2011): Welt im Wandel: Gesellschaftsvertrag für eine Große Transformation.– Berlin (Springer).
- WEFER, G. (Hrsg.) (2010): Dynamische Erde – Zukunftsaufgaben der Geowissenschaften.– Bremen (Marum).
- WELZER, H. (2008): Klimakriege - Wofür im 21. Jahrhundert getötet wird.– Frankfurt/Main (Fischer).
- WELZER, H., SOEFFNER, H.- G. & GIESECKE, D. (Hrsg.) (2010): KlimaKulturen: Soziale Wirklichkeiten im Klimawandel.– Frankfurt/Main (Campus)
- WELZER, H. & WIEGANDT K. (Hrsg.) (2011): Perspektiven einer nachhaltigen Entwicklung.– Frankfurt/Main (Fischer).